

PRODUKSI BIOGAS DARI SUBSTRAT DASAR KOTORAN SAPI, KOTORAN AYAM DAN LIMBAH CAIR TAHU DENGAN INOKULUM RUMEN SAPI**Subhan nuradzan ¹⁾, Umrah^{1*)}, Kasman ²⁾**¹Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Tadulako, Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Sulawesi Tengah 94117²Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Tadulako, Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Sulawesi Tengah 94117Corresponding Author : umrahmangonrang62@gmail.com**ABSTRACT**

The research of biogas aims to obtain an alternative energy source which might replace fossil energy in the future. It was carried out starting from November 2017 to February 2018 in which was located in Langaleso Village, Dolo Subdistrict, Sigi District and in the Laboratory of Biotechnology, Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Tadulako University. The primary substrates were cow dung, chicken manure and the tofu liquid waste by cow rumen as inoculum. The installation of gas-flowed pipes was conducted by using paralon pipes with size $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ inch with the total lenght 8,40 m. The incubation period of the primary substrates was 30 days where the biogas volume quantification was periodically performed in the day of 10, 20, and 30. The results showed that biogas was formed at the incubation day of 10 which hence increase up to the day of 30. The observed gas volume was 223,568 cm³, 368,950 cm³ dan 458,302 cm³ respectively. The results of flame test representing blue flame indicated that the formed biogas contained the content of methane which higher than 70%. This hence revealed that the installation of biogas reactor with the type of "fixed domed plant" equipped by "watertrap" was able to produce a good quality biogas from the primary substrates were cow dung, chicken manure and the tofu liquid waste by cow rumen as inoculum for the application in the household scale.

Keywords: cow dung, chicken manure, tofu liquid waste, cow rumen inoculum, biogas

PENDAHULUAN

Biogas termasuk energi terbarukan serta merupakan salah satu sumber energi alternatif yang ramah lingkungan,. Penggunaan biogas, seperti halnya gas elpiji (LPG) dapat dibakar dan dapat digunakan sebagai sumber energi

penggerak generator listrik (Wati dkk., 2014).

Biogas yang akan dikembangkan dimasa mendatang diharapkan mampu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak (BBM). Selain itu, dapat mengurangi emisi gas rumah kaca

serta dalam jangka panjang akan mampu mereduksi dampak pencemaran air oleh limbah peternakan dan rumah tangga (Ihsan & Bahri, 2013).

Kotoran sapi dapat diolah dengan teknik yang sederhana sehingga dapat menjadi salah satu energi alternatif sebagai pengganti minyak fosil yang semakin menipis dalam bentuk biogas (Sumadja dkk., 2015).

Kotoran sapi mengandung hemiselulosa sebesar 18,6 %, selulosa 25,2 %, lignin 20,2 %, nitrogen 1,67 %, fosfat 1,11 % dan kandungan kalium sebesar 0,56 % (Sihotang, 2010).

Isi dari rumen sapi adalah bahan pakan yang disimpan sebelum kembali diolah menjadi feses. Rumen akan dikeluarkan ketika sapi dipotong. Isi rumen sapi banyak memiliki kandungan nutrisi yang tinggi (Hungate, 1971).

Menurut Soepranianondo (2012) kandungan isi rumen meliputi 9,31%, kadar serat kasar 34,68% dan jika dibandingkan dengan rumput raja hanya memiliki kandungan protein 10,5% dan kadar serat kasar 29,7%.

Selain kotoran sapi, Kotoran ayam juga memiliki potensi untuk digunakan sebagai substrat dasar pembuatan biogas karena kotoran ayam memiliki kandungan sisa pakan berupa selulosa yang tidak tercerna dengan sempurna. Selain itu terdapat pula protein, karbohidrat, lemak

dan senyawa organik lainnya (Foot et al., 1976).

Limbah cair tahu merupakan limbah utama yang dihasilkan dari pabrik pengolahan tahu. Berdasarkan badan pusat statistik, konsumsi tahu pertahun sekitar 7,039 kg per individu. Jumlah ini meningkat hingga mencapai nilai konsumsi daging sapi dan ayam. Indonesia memiliki 84.000 pabrik pengolahan tahu. Jumlah rumah produksi yang terus bertambah setiap tahunnya mengakibatkan limbah cair dan padat hasil pengolahan tahu mengotori lingkungan. Sebagai gambaran dalam produksi 100 kg tahu dapat menghasilkan limbah cair sebesar 1.5-2 M³ limbah (Sintawardani, 2011).

Ketiga jenis limbah tersebut berpotensi diolah sebagai substrat dasar untuk menghasilkan biogas dengan menggunakan inokulum rumen sapi. Pengolahan limbah organik melalui biofermentasi anaerob menghasilkan biogas. Penanganan limbah ini dapat mengurangi pencemaran lingkungan, selain itu dapat juga membantu masyarakat untuk memenuhi kebutuhan gas selain gas LPG. Perlu dilakukan penelitian tentang efektifitas kotoran sapi, kotoran ayam, limbah cair tahu dan cairan rumen sapi untuk memproduksi biogas.

Pembuatan instalasi biogas menggunakan beberapa alat dan bahan dasar yang dibutuhkan seperti biodigester.

Kondisi biodigester bersifat anaerob. Tipe instalasi *fixed domed plant* adalah tipe yang digunakan dalam penelitian ini.

Reaktor biogas memiliki penampungan gas pada bagian atas digester. Sisa pembuangan berupa ampas kotoran hewan tersebut akan timbul pada bagian atas dan meluap keluar. Gas metan yang dihasilkan dikeluarkan menggunakan pipa gas yang diberi katup. Instalasi reaktor biogas dengan tipe *fixed domed plant* memiliki beberapa keuntungan seperti terlindung dari gangguan cuaca dan awet dalam penggunaan (Hasan Siregar, 2015).

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan November 2017 sampai dengan Pebruari 2018 berlokasi di Desa Langaleso Kecamatan Dolo Kabupaten Sigi dan Laboratorium Bioteknologi Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Tadulako

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor biogas sebanyak 1 buah, pH meter, meteran, batang pengaduk, tabung reaksi, cawan petri, *erlenmeyer*, *mikro pipet*, tabung *falcon*, *hot plate*, rak tabung, Bunsen, pipa parolon ½ inci, gergaji, lem pipa, sambungan L dan T pipa, stop kran pipa, kamera, *watertrap*, *blower*, *thermosensor* dan korek api.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kotoran sapi dan kotoran ayam, isi rumen sapi, lakban untuk, lem pipa, tisu, *handscoon*, plastik, kentang, ekstrak agar dan glukosa (bahan media PDA), peptone, NaCL, yeast ekstrak dan glukosa (bahan media NA), lap kasar, limbah cair tahu sebagai pelarut, *aluminium foil*, neraca digital serta peralatan gelas yang umum digunakan dalam laboratorium.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang didesain dalam metode eksplorasi terhadap faktor-faktor yang terkait dengan produksi biogas.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara bertahap yaitu persiapan fermentor dan penerapan perlakuan. Dengan metode analisis deskriptif

Persiapan reaktor biogas dan instalasi pipa aliran biogas

Pada tahap ini disiapkan reaktor biogas tipe *fixed domed plant* dengan ukuran tinggi 184 cm dan lebar 130 cm. Setelah itu dilakukan pemasangan instalasi pipa aliran gas metana menggunakan pipa ukuran ¾ inci. Pada pemasangan instalasi pipa ditambahkan *watertrap* untuk memurnikan gas metan dan menampung uap air yang terbawa bersama gas serta pemasangan *blower* untuk menambah daya aliran gas sehingga nyala yang dihasilkan

lebih stabil. Bentuk reaktor dan instalasi awal dapat dilihat pada Gambar dibawah ini



Gambar 1 Reaktor biogas

Pengumpulan bahan

Kotoran sapi dan isi rumen sapi diambil dari rumah pemotongan hewan (RPH) di Jalan I Gusti Ngurah Rai, Kota Palu, Sulawesi tengah. Limbah cair tahu diambil dari rumah industri pembuatan tahu dan tempe serta kotoran ayam dari tempat peternakan ayam di desa Langaleso Kecamatan Dolo Kabupaten Sigi

Pembuatan susbtrat dasar

Kotoran sapi, kotoran ayam, limbah cair tahu dan rumen sapi yang telah ditimbang dan diukur derajat keasamannya (pH) dimasukkan kedalam reaktor biogas. Langkah selanjutnya yaitu menghomogenkan substrat dasar dengan limbah cair tahu. Proses akhir dalam pembuatan susbtrat dasar yaitu melakukan inkubasi selama 30 hari secara anaerob.

Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan meliputi rangkaian instalasi pipa pengaliran biogas, pengukuran volume gas, uji nyala, pengukuran suhu dan pengamatan mikroorganisme

Hasil dan pembahasan

Bentuk instalasi pipa penyaluran biogas



Gambar 2. Rangkaian pipa penyaluran biogas

Keterangan gambar :

1. Pipa $\frac{1}{2}$ inci
2. Kran penutup dan pembuka aliran gas
3. Saluran pembersihan
4. *Watertrapp*
5. Wadah penampung biogas
6. *Blower* dan kompor

Reaktor biogas di desain berada dibawah permukaan tanah. Sebagian kubah reaktor berada diatas permukaan tanah. Berdasarkan gambar 2. pola pemasangan instalasi pipa aliran biogas menggunakan pipa ukuran $\frac{1}{2}$ inci dan $\frac{3}{4}$ inci dengan tambahan *blower* dan *watertrapp*.

Pembuatan reaktor biogas didesain dengan sistem kerja bejana berhubungan, sehingga dibutuhkan tiga bak utama yang terdiri atas bak pencampur substrat, reaktor biogas dan bak pembuangan substrat. Dengan prinsip kerja diatas maka dalam penelitian ini dibuat reaktor biogas yang terdiri atas tiga bagian utama yaitu bak pencampur substrat dengan ukuran panjang 50 cm, lebar 7,47 cm dan tinggi 74 cm. Selanjutnya reaktor biogas dengan ukuran lebar 1,30 m dan tinggi 200 cm termasuk ukuran penutup reaktor yang berbentuk kubah dengan tinggi 16 cm diatas permukaan tanah.

Jarak antara bak pencampur substrat (*inlet*) dan reaktor biogas adalah 1,45 meter yang dihubungkan oleh pipa paralon yang berukuran 4 inci. Pipa ini ditanam dibawah permukaan tanah dengan posisi miring untuk memudahkan substrat masuk kedalam reaktor biogas. Sedangkan jarak antara reaktor biogas dengan tempat pembuangan (*outlet*) adalah 45 cm. Tempat pembuangan akhir hasil inkubasi dibuat dengan tinggi 110 cm dan lebar 300 cm.

Bak outlet dibuat secara vertikal yang terdiri atas tiga bagian utama yaitu bagian pembuangan utama yang merupakan tempat awal substrat dikeluarkan, bak pembuangan kedua yang merupakan tempat penampungan limbah padatan dan bak pembuangan ketiga sebagai tempat

penyimpanan limbah cair hasil sampingan dari substrat setelah inkubasi.

Pemasangan instalasi pipa sebagai saluran gas yang terhubung dari reaktor biogas kedalam rumah dan tempat penyimpanan gas serta kompor, digunakan pipa paralon yang berukuran $\frac{1}{2}$ inci dan $\frac{3}{4}$ inci untuk menghubungkan antara reaktor biogas dan tempat penyimpanan gas metan. Untuk mengalirkan gas yang berasal dari dalam reaktor biogas menuju *watertrapp* digunakan pipa berukuran $\frac{1}{2}$ inci dengan jarak 6,90 meter yang diteruskan menuju wadah penyimpanan gas dengan jarak 60 cm.

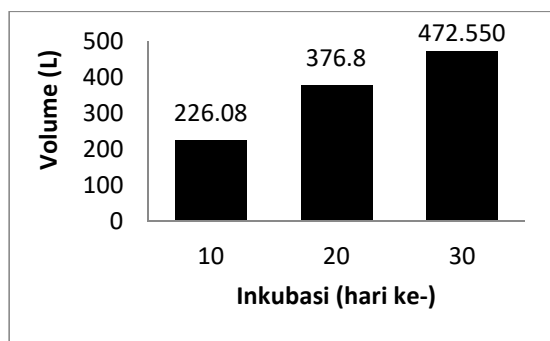
Selanjutnya gas akan masuk kedalam wadah penyimpanan. Aliran gas dari plastik penyimpanan diteruskan ke arah *blower*. Fungsi dari alat ini adalah untuk memperkuat daya tarik biogas kedalam kompor. Jarak antara wadah penyimpanan gas dan kompor 90 cm. Sehingga total keseluruhan panjang instalasi pipa aliran gas metan menggunakan adalah 8,40 meter.

Volume Gas

Data volume biogas yang dihasilkan selama 30 hari inkubasi dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini

Terbentuknya biogas ditandai dengan mengembangnya plastik yang digunakan sebagai tempat penampungan biogas. Hasil pengamatan gas terbentuk pada 10 hari inkubasi dengan volume

226,08 L. Sedangkan dari hasil pengukuran volume gas pada 20 hari inkubasi volume gas dalam plastik penampungan meningkat menjadi 376,8 L. Pengukuran volume gas dilanjutkan hingga 30 hari inkubasi. Volume gas yang terbentuk pada hari ke 30 mengalami peningkatan yaitu sebesar 472 L.



Gambar 3. Volume biogas

Selama 20 hari inkubasi mikroorganisme dapat memproduksi biogas dari substrat dasar berupa kotoran sapi dan kotoran ayam serta inokulum isi rumen sapi yang dihomogenkan dengan limbah cair tahu dan terlihat lebih stabil hal ini dapat dilihat dari volume gas fermentasi hari ke 10 mengalami peningkatan yang signifikan. Sedangkan volume gas yang terbentuk pada hari fermentasi ke 20 dan 30 terjadi peningkatan namun dalam jumlah yang lebih kecil.

Menurut Shuler dan Kargi (2002), pembentukan metan dipengaruhi oleh pertumbuhan bakteri metanogenik yang mengubah asam volatile menjadi metan dan

CO juga produk akhir lainnya sehingga laju pembentukan metan seiring dengan laju pertumbuhan bakteri metanogenik. Penurunan yang terjadi pada kadar mikroorganisme mempengaruhi turunnya produksi gas metan.

Uji nyala

Data pengamatan uji nyala dapat dilihat bahwa nyala yang dihasilkan berwarna biru cerah yang mengindikasikan kandungan gas metana diatas 70%.

Biogas yang dihasilkan dapat terbakar. Hal ini ditandai dengan warna api yang berwarna biru cerah. Warna biru cerah mengindikasikan biogas yang terbentuk mengandung gas metana lebih dari 70%. Menurut Wahyudi (2013), api dapat berwarna merah jika memiliki kandungan gas lainnya seperti CO₂ sehingga kadungan gas metana CH₄ menjadi lebih sedikit.

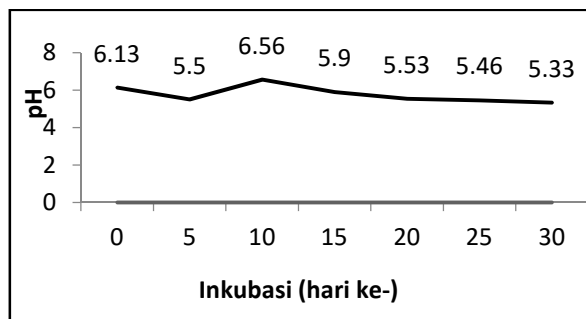
Pada penelitian ini kandungan gas CO₂ yang terbawa bersama gas metana dalam aliran pipa dapat dimurnikan dengan pemasangan *watertrap*, prinsip kerja dari alat ini adalah dengan memanfaatkan berat jenis dari sebuah zat sehingga ketika gas CO₂ yang memiliki nilai berat jenis lebih berat terbawa bersama gas metana yang memiliki nilai berat jenis lebih ringan maka gas CO₂ akan masuk kedalam *watertrap* yang dipasang lebih rendah dari aliran pipa, sehingga biogas yang masuk kedalam penampungan merupakan biogas dengan kandungan gas metana diatas 70%.

Pengukuran suhu

Dalam penelitian ini pengukuran suhu biogas dilakukan dengan alat ukur *termosensor*. Hasil pengukuran suhu biogas yang dihasilkan pada hari ke-10, ke-20, dan ke-30 inkubasi masing-masing menunjukkan nilai 145,3°C, 140,6°C, dan 150,6°C sehingga jika dirata-ratakan suhu pembakaran biogas selama 30 hari adalah 145,5°C.

pH Kultur

Pengukuran pH kultur dilakukan selama proses inkubasi yang dimulai dari proses pencampuran substrat hingga akhir dari inkubasi yaitu pada hari ke 30.



Gambar 4. pH substrat selama masa inkubasi

Hasil pengukuran pH selama inkubasi, dapat dilihat bahwa rentang pH yang dibutuhkan mikroorganisme dalam proses pembentukan biogas adalah 5,5 hingga 6,6. Kondisi pH kultur ini termasuk kedalam kondisi asam. Hal ini sesuai dengan penelitian Seadi *et al* (2008) yang

mengatakan bahwa pembentukan gas metan berkisar antara pH 5,5-8,5.

Proses pembentukan biogas melalui beberapa tahapan yaitu hidrolisis yang merupakan tahap penguraian bahan dari bentuk polimer menjadi bentuk monomer. Tahap ini terjadi dalam rentang waktu 1-5 hari masa inkubasi. Selanjutnya yaitu tahap pengasaman (asidifikasi). Dalam tahap ini komponen monosakarida yang telah terbentuk pada tahap awal berubah menjadi bahan makanan bagi bakteri pembentuk asam sehingga produk akhir dari tahapan ini diantaranya asam asetat, profinoat, alkohol, korbondiodksida, hidrogen dan amonia.

Tahap pengasaman terjadi dalam rentang waktu 6-10 hari masa inkubasi. Tahapan yang terakhir adalah tahapan pembentukan gas metana yang terjadi dalam rentang waktu 15-20 hari. Tahapan ini merupakan tahapan akhir dari penguraian senyawa organik yang terkandung dalam substrat.

Peningkatan pH pada saat proses inkubasi menunjukkan peningkatan aktifitas mikroorganisme yang mendekomposisi substrat dasar dari bentuk polimer menjadi bentuk monomer yang lebih kecil.

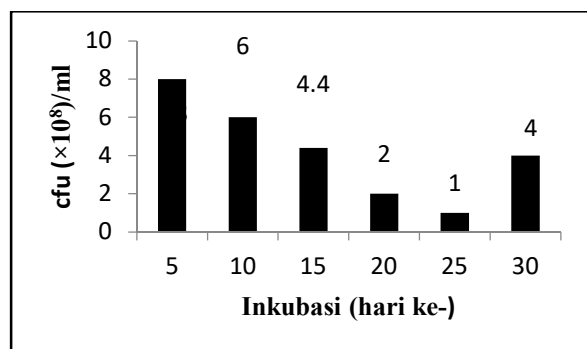
Pengukuran jumlah mikroorganisme

Proses penguraian senyawa organik maka membutuhkan jasa dari mikroorganisme khususnya bakteri dan jamur. Beberapa golongan bakteri dapat mendegradasi substrat yang mengandung

protein sedangkan jamur dapat mendegradasi substrat yang mengandung selulosa.

Sampel yang diambil berupa sampel cair yang berasal dari bak pembuangan akhir substrat yang telah mengalami proses inkubasi, kemudian diencerkan dengan seri pengenceran bertingkat. Selanjutnya hasil pengenceran diinokulasikan pada media NA dengan metode *spread* (sebar) kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. langkah akhir yaitu menghitung koloni mikroorganisme menggunakan *colony counter*.

Gambar 4 merupakan hasil uji pertumbuhan bakteri pada median NA (*nutrient agar*).

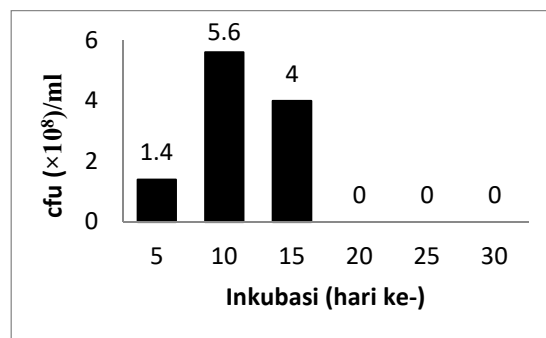


Gambar 5. Hasil pengukuran jumlah bakteri

Hasil penghitungan menggunakan *colony counter* menunjukkan jumlah bakteri mengalami peningkatan selama proses inkubasi hingga batas maksimal peningkatan pada hari ke 10 inkubasi dan menurun ketika memasuki hari ke-20 inkubasi.

Bakteri mengalami peningkatan disebabkan oleh proses pertumbuhan yang berlangsung dengan cepat yang dipicu oleh banyaknya kandungan zat organik dalam susbtrat yang digunakan.

Aktivitas bakteri dalam reaktor biogas tidak sama antara satu jenis bakteri dan jenis lainnya. Dalam proses pendegradasian substrat hanya beberapa golongan bakteri yang berperan. Ketika masuk kedalam tahapan pembentukan biogas bakteri metanogen yang berperan untuk menghasilkan biogas.



Gambar 6. Hasil pengukuran jumlah jamur

Pada gambar 6 menunjukkan jumlah jamur yang berperan dalam proses pendegradasian substrat menjadi gas metana. Dengan metode yang sama sampel diambil pada bak pembuangan substrat (*outlet III*). Sampel kemudian diencerkan dengan seri pengenceran bertingkat dan hasil pengenceran diinokulasikan pada media PDA dan diinkubasi selama 24-48 jam. Setelah proses inkubasi koloni yang tumbuh pada media akan dihitung menggunakan *colony counter*.

Berdasarkan hasil penghitungan jamur mengalami peningkatan selama proses inkubasi. Kadar jamur mencapai jumlah maksimal pada hari inkubasi ke 10 dan mengalami penurunan yang signifikan pada hari inkubasi ke 15.

Hasil uji coba pertumbuhan pada media PDA untuk sampel hari ke-20 inkubasi koloni jamur sudah tidak terlihat. Penurunan jumlah jamur yang membantu proses pendegradasian substrat ini disebabkan oleh menurunnya kadar selulosa dalam substrat dasar.

Beberapa faktor berikut dapat mempengaruhi kualitas serta fungsi efektif reaktor biogas sehingga harus diperhatikan. Faktor pertama adalah suhu. Suhu yang benar berkisar antara 35-55°C dalam reaktor biogas. Selain itu lokasi konstruksi reaktor biogas harus memiliki permukaan yang datar. Lokasi harus lebih tinggi dibandingkan sekitarnya hal ini untuk mencegah genangan air. Lebih lanjut tempat pengolahan harus berlokasi dekat dengan kandang ternak untuk memudahkan penggunaan dan menghindari kehilangan bahan baku, khususnya kotoran ternak.

Faktor lain yaitu sumber air. Sumber air yang jauh akan menjadi faktor penghambat. Dalam pemasangan instalasi pipa gas, harus dekat dengan tempat produksi. Pipa yang terlalu panjang akan menambah resiko kebocoran gas. Tempat pengolahan minimal 2 meter dari rumah.

Selain itu lokasi pembuatan reaktor biogas harus cukup jauh dari pepohonan untuk menghindari kerusakan reaktor biogas yang disebabkan oleh akar pohon.

SIMPULAN

Biogas dapat diproduksi dari Substrat Dasar berupa Kotoran Sapi, Kotoran Ayam dan Limbah Cair Tahu dengan Inokulum Rumen Sapi. Volume yang dihasilkan dari proses inkubasi selama 30 hari adalah 226,08 L pada hari ke-10, 376,8 L pada hari ke-20 dan 472,5 L pada hari inkubasi ke-30. Nyala api yang dihasilkan berwarna biru cerah yang mengindikasikan kandungan gas metana dalam biogas diatas 70%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ruru, B.B. (2016). Produksi Biogas Melalui Penggunaan Substrat Dasar Limbah Cair Tempe dan Kotoran Sapi Dengan Inokulum Dari Rumen Sapi. *J. Biocелеbes*, 1 (12) 2-9.
- Foot, A.S., S.Banes, Ja.C.G. Oge, J.C. Howkins, V.C. Nielsen, And Jr.O. Callaghan. (1976). *Studies on Farm Livestock Waste*. I" ed. Agriculture Research Council, England.
- Hasan Siregar, M.N. (2015). Alat Pendesain Penangkap Gas Methan Pada Sampah Menjadi Biogas. *J. Ilmiah research sains*, 1 (3), 12-15.
- Hikma, N., Alwi, M., dan Umrah. (2014). Potensi limbah cair tempe secara Mikrobiologis sebagai alternatif penghasil biogas. *J. Biocелеbes*, 8 (1), 54-59.

Hungate, R.E. (1971). The rumen and its microbes. Academic Press. New York.

Ihsan, A., Bahri, S., (2013). Produksi biogas menggunakan cairan isi rumen sapi dengan limbah cair tempe, 2(2), 27–35.

Seadi, T. A., Rutz, D., Prassl, H., Kottner, M., Finsterwalder, T. (2006). Biogas. University of southern Denmark Esbjerg, Denmark

Sihotang, B. (2010). Kandungan senyawa kimia pada pupuk kandang berdasarkan jenis binatangnya. ([http : yuwie.com/blog](http://yuwie.com/blog)) diakses pada tanggal 25 februari 2017.

Sintawardani., (2011). Socio-Economic Problems on Reducing the Wastewater Pollution from Tofu Processing in the Cibuntu Area, Indonesia, Research Center for Physics Indonesian Institute of Science.

Soepranianondo, K. (2002). Teknologi manipulasi nutrisi isi rumen sapi menjadi pakan ternak ruminansia. Disertasi. Pascasarjana Universitas Airlangga, surabaya.

Sumadja, A.W., Zubaidah., dan Handoko, H. (2015). Teknologi biogas pada peternak sapi di Desa Kota Karang Kecamatan Kumpeh Uluh. *J. Pengabdian Pada Masyarakat*, 2 (3), 48-52).

Wati, L., Ahda, Y., Handayani, D. (2014). Pengaruh volume cairan rumen sapi terhadap bermacam feses dalam menghasilkan biogas. *J. Saintek*, 7 (1), 43-51.